臺灣酸性土壤栽培水稻之石灰施用量試驗*（第二報）

張守敬　步焱昇

I. 文獻檢討與本試驗之目的

氣候之影響，以及不當之施肥與耕作制度，均使土壤失去鹽基，增强其酸度。本省之紅壤、黃壤以及一部份之冲積土，其反應皆爲酸性。土壤酸性所及於作物之影響，實有探討之必要。

臺灣農民，栽培作物無施用石灰之經驗，其原因約有下列各點：(1)日治時代舉行水稻石灰試驗，未能得增產之結果。(2)農民持有施用石灰能使土壤性質變劣之偏見，(3)缺乏購買石灰爲肥料之經濟能力。但改良酸性土壤，施用石灰爲最經濟而有效之方法，中國、日本習知已久，歐、美各國之石灰消費量，其數更大。臺灣土壤，施用石灰，對於作物產量及土壤性質之效果，實有重作研究之必要。

關於石灰對水稻之效果，據川島祿郎盆栽試驗之結果謂：水稻對土壤酸度之適應性甚大，在交換性鹽基量甚低（pH 4.53）之土壤上，生長良好，如加用石灰以提高 pH值（7.44），生長亦並不惡劣(10)。小林茂久平氏在洪積層土壤上舉行歷十二年之石灰田間試驗，據每三年平均結果，以無石灰爲100，加用石灰水稻產量爲106—125，全部試驗中，施用石灰區之產量從未有低於不用石灰者。氏之結論謂：(1)化學肥料連續施用，減低水稻產量。(2)施用化學肥料，加用石灰，增加水稻產量。(3)土壤腐植質及全氮量因加用石灰而稍有減低；(4)鱗酸利用率因加用石灰而增加；氮之利用率因加用石灰而減少；(5)土壤交換性 CaO 含量，可以堆肥抑制其減落趨勢，如加用石灰，更能增强此種抑制作用（11）。野村盛久及坂井信行兩氏在荒川冲積層舉行之水稻連用石灰田間試驗，其結果指示：(1)石灰可促進水稻之發育，增加藁稈產量及糙米之剛性，對米之品質並無惡劣影響。(2)多量施用，有消除田間雜草之益，但亦有促使土壤硬化之弊。(3)提高土壤對氮氣及鱗酸之吸收率，減低土壤腐殖質含量，增加土壤氮氣（9）。

日人在臺灣雖曾舉行水稻石灰試驗，但爲數極少，且其設計與方法甚簡，故其結果之可靠性，頗可懷疑。光復後，著者等檢討已往之成績，複行田間試驗，結果與昔不同（15）。

本文爲「臺灣酸性土壤水稻石灰施用量試驗第一報」之續篇，爲1950年在十個地點之試驗結果，其目的在尋求石灰施用量對水稻產量之影響與土壤理化性質之關係。

II. 試驗方法

全部試驗工作，可分田間栽培及土壤理化性檢定兩部：

(一) 田間試驗設計

(1) 處理：每一地點之試驗，皆分二組：其一組爲自給肥料加用石灰；另一組爲化學肥料加用石灰。石灰加用量各分 0. 1. 2. 3 噸/公頃，故每組試驗皆有四處理。

(2) 排列：隨機排列，重覆五次。

(3) 小區面積：$\frac{1}{1000}$公頃或 2.5×4＝10平方公尺。

(4) 肥料：化學肥料用硫酸錏、過磷酸石灰、氯化鉀三種。每公頃三要素量各爲80公斤。以

---

* 本試驗之經費，由中國農村復興聯合委員會資助，試驗中所用之石灰及肥料，由臺灣肥料公司贈與。本試驗之田間工作，多承黃國瑞先生及新竹農林總場協助，均此致謝。

各地自給肥料成分不一，就地取用農家自備者，每公頃用量依農家慣用量爲準，普通約爲10,000—15,000公斤。

（5）水稻品種：臺中65號。

（6）栽培及施肥法：每小區揷秧數爲10×17叢，每叢五株，石灰作基肥，於揷秧前一週施用。化學肥料除氮肥之一半用爲追肥外，餘皆於揷秧前一日施下。自給肥料則按農家習慣法施用，均作爲基肥。

（二）試驗田土壤之化學分析

分析用之土壤樣本分兩期採取，第一次於石灰施用後十日採取；第二次於水稻收穫後採取。每一小區任擇四點採取表土，將採自同一試驗處理之五重複小區中之土樣充分混合，然後自其中取一綜合樣本，以爲某處理之代表土樣。

（1）機械分析：鮑氏浮秤法（3）

（2）pH：比色法（5）

（3）有機質：比色法（8）

（4）有效性燐酸：Peech 氏法（6）

（5）有效性鉀素：Peech氏法（6）

III. 試驗地點與土壤性質

本試驗分佈地點共有十處，計臺北境三處，新竹境七處。茲將地名及各該地土壤之一般性質列如下表：

表一　試驗地點及土壤性質
Table I : Localities and soil properties

地點 Locality	土類 Soil group	機械成分 Mechanical composition (%)			土型 Soil type	pH	有機質 Organic matter (%)
		Sand	Silt	Clay			
臺北 Tai-peh	冲積土	21.0	51.8	27.2	埴質粘壤土	4.7	2.3
汐止 Hsi-chih	冲積土	52.0	31.0	17.0	細砂質壤土	4.8	3.4
新店 Shin-diann	冲積土	31.6	49.2	19.2	壤土	5.7	2.2
新竹 Shin-chu	冲積土	36.0	42.2	21.3	粘質壤土	6.3	3.0
苗栗 Miao-li	冲積土	54.0	31.4	14.6	細砂質壤土	5.8	2.6
桃園農校 T. A. S.	冲積土	—	—	—	—	—	—
桃園 Tau-yung	冲積土	30.0	42.8	27.2	粘質壤土	4.8	2.6
*八德 Pa-teh	紅壤	27.0	51.4	21.6	埴質粘壤土	4.8	2.6
中壢 Chun-li	紅壤	32.6	41.2	26.2	粘質壤土	4.5	3.0
湖口 Hu-kou	紅壤	41.0	42.4	16.6	壤土	5.2	2.5

* 與第一報中之試驗地點不同。

III. 田間試驗結果與討論

各地試驗結果，用變量分析法測定差異之顯著性，以明石灰對於水稻穀、藁產量之效果。全部試驗數量及變量分析之結果，列於表二：一

表二　石灰對於水稻穀、藁產量之影響

Table II : The response of the yield of rice to lime

石灰施量 Rate of lime (ton/ha)	穀 Grain		藁 Straw	
	產量 yield (kg./ha)	指數 Index	產量 yield (kg./ha)	指數 Index
1. 臺北 Taipeh				
化學肥料 With complete chemical fertilizer				
0	2863	100	3560	100
1	3191	112	3598	101
2	3380	118	3635	102
3	3576	125	3648	103
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =225.82 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =324.45		F值不顯著 F-value insignificant	
自給肥料 With local manure				
0	3334	100	3206	100
1	3487	105	3337	104
2	3643	109	3621	113
3	4130	124	3862	121
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =250.46 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =346.37		5%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =324.56 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =448.85	
2. 汐止 Hsi-chih				
化學肥料 With complete chemical fertilizer				
0	1792	100	7810	100
1	2578	144	9168	117
2	2954	165	9772	125

3	3250	101	9988	128
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=348.49 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=468.60		F 值 不 顯 著 F-value insignificant	

自給肥料With local manure

0	3042	100	7536	100
1	3424	113	8574	114
2	3426	113	7434	98
3	3788	125	8402	111
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=307.32 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=430.87		F 值 不 顯 著 F-value insignificant	

3. 新 店 Shin-diann

化學肥料 With complete chemical fertilizer

0	2870	100	2594	100
1	3202	112	2906	112
2	3633	127	2996	116
3	3923	137	3122	120
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=365.50 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=512,44		F 值 不 顯 著 F-value insignificant	

自給肥料 With local manure

0	3148	100	2627	100
1	3428	109	2462	94
2	3604	113	3028	115
3	3782	120	3138	119
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=231.05 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=323.93		5%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=438.17 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=618.34	

4. 新 竹 Shin-chu

化學肥料 With complete chemical fertilizer

0	3902	100	3512	100
1	4196	108	3796	108
2	4278	110	3776	108
3	4436	114	3760	107
差異顯著性 Significance of difference	F 值不顯著 F-value insignificant		F 值不顯著 F-value insignificant	

自給肥料 With local manure

0	3586	100	2740	100
1	3034	85	2534	93
2	3876	108	2994	109
3	4116	148	3208	117
差異顯著性 Significance of difference	F 值不顯著 F-value insignificant		5%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =437.88 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =641.96	

5. 苗栗 Miao-li

化學肥料 With complete chemical fertilizer

0	4336	100	4394	100
1	4182	96	4890	111
2	4356	101	4620	105
3	4556	105	4360	99
差異顯著性 Significance of difference	F 值不顯著 F-value insignificant		F 值不顯著 F-value insignificant	

自給肥料 With local manure

0	3748	100	3240	100
1	3962	106	3590	111
2	4142	111	3554	110

3	4138	112	3840	119
差異顯著性 Significance of difference	F 值不顯著 F-value insignificant		F 值不顯著 F-value insignificant	

6. 桃園農校 Tau-yung Agricultural School

化學肥料 With complete chemical fertilizer

0	5236	100	7809	100
1	5131	98	7624	98
2	4636	89	6980	89
3	4625	88	6990	90
差異顯著性 Significance of difference	F 值不顯著 F-value insignificant		F 值不顯著 F-value insignificant	

自給肥料 With local manure

0	4943	100	7332	100
1	5646	11[illegible]	8388	114
2	5582	113	8292	113
3	5180	105	7630	104
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =251.14 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =352.10		5%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =377.34 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =529.03	

7. 桃　園 Tau-yung

化學肥料 With complete chemical fertilizer

0	3158	100	3125	100
1	3272	104	3513	112
2	3424	108	3272	105
3	3692	117	3262	104
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =204.35 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference) =286.50		F 值不顯著 F-value insignificant	

自給肥料 With local manure

0	3313	100	3100	100
1	3448	104	3009	97
2	3629	110	2796	90
3	3724	112	2927	94
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=261.13 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=366.11		F 值 不 顯 著 F-value insignificant	

8. 八 德 Pa-teh

化學肥料 With complete chemical fertilizer

0	5312	100	6476	100
1	5372	101	5912	91
2	5132	97	5112	79
3	5252	99	5684	88
差異顯著性 Significance of difference	F 值 不 顯 著 F-value insignificant		F 值 不 顯 著 F-value insignificant	

自給肥料 With local manure

0	4136	100	5140	100
1	4314	104	4418	86
2	4844	117	5038	98
3	4592	111	5036	98
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=395.26 1%差異顯著值(註)(Significant value of difference)=554.16		F 值 不 顯 著 F-value insignificant	

9. 中 壢 Chun-li

化學肥料 With complete chemical fertilizer

0	2429	100	2764	100
1	2659	110	2461	89
2	2782	115	2955	107

3	3044	125	3244	117
差異顯著性 Significance of difference	F 値不顯著 F-value insignificant		F 値不顯著 F-value iusignificant	

自給肥料 With local manure

0	1209	100	962	100
1	1587	131	1453	162
2	1990	165	1946	216
3	1982	164	2043	227
差異顯著性 Significance of difference	%差異顯著値(註) (Significant value of difference) =189.07 1%差異顯著値(註) (Significant value of difference) =265.09		F 値不顯著 F-value insignificant	

10. 湖 口 Hu-kou

化學肥料 With complete chemical fertilizer

0	4602	100	3398	100
1	4602	100	3296	97
2	4730	103	3380	100
3	4956	108	3504	103
差異顯著性 Significance of difference	F 値不顯著 F-value insignificant		F 値不顯著 F-value insignificant	

自給肥料 With local manure

0	4258	100	2216	100
1	4592	108	2190	99
2	730	111	2600	117
3	4746	112	2656	120
差異顯著性 Significance of difference	F 値不顯著 F-value insignificant		5%差異顯著値(註) (Significant value of difference) =240.38 1%差異顯著値(註) (Significant value of difference) =337.02	

註： 指 t 測驗 (Referring to t test)

圖I 石灰對於水稻穀、藁產量之影響

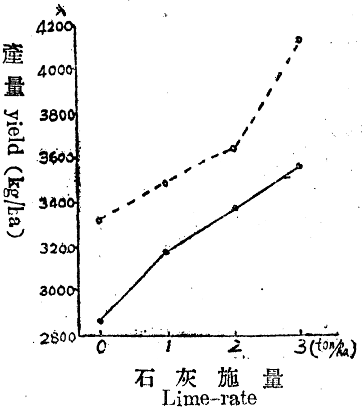
Fig.I The response of the yield of rice to lime

•———• 化學肥料 Chemical fertilizer

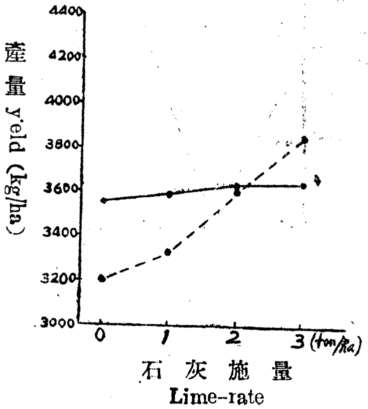
o- - - - - -o 自給肥料 Local manure

臺北(Tai-peh)

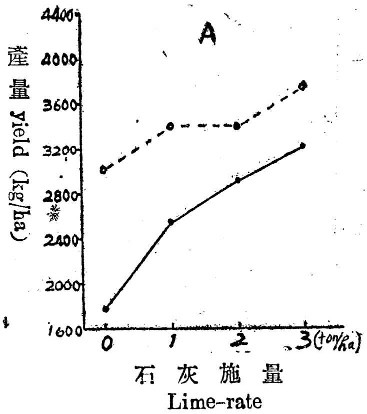
A. 穀 Grain

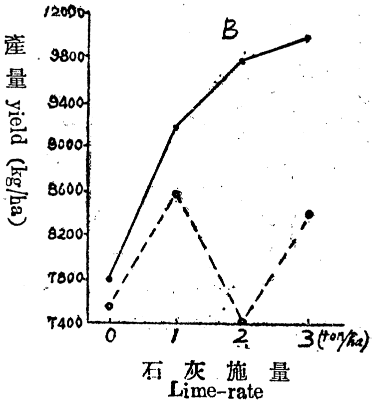


B. 藁 Straw

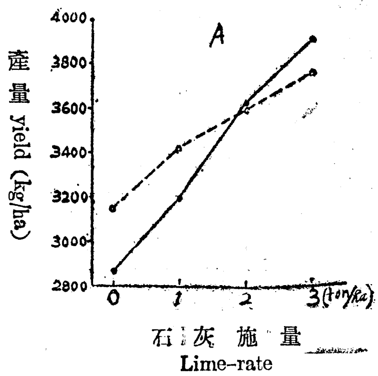


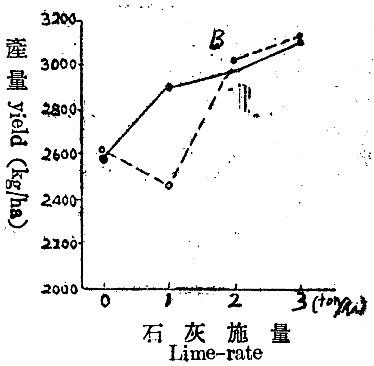
汐止(Hsi-chih)



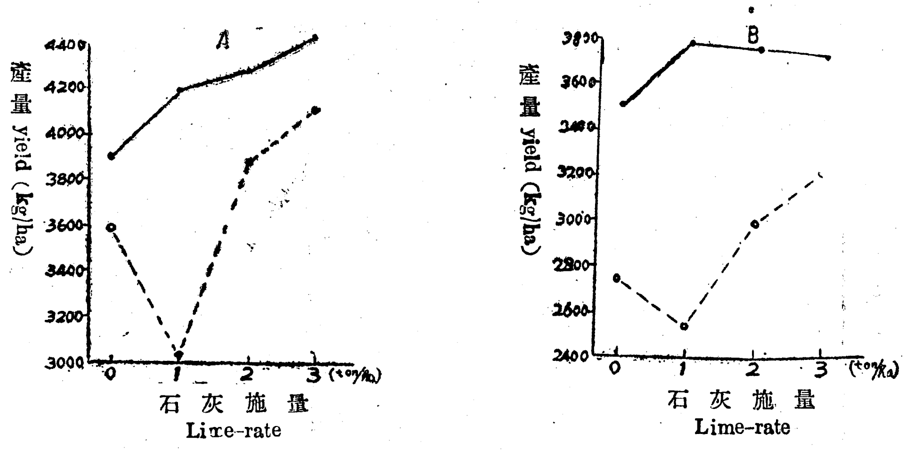


新店Shin-diann)

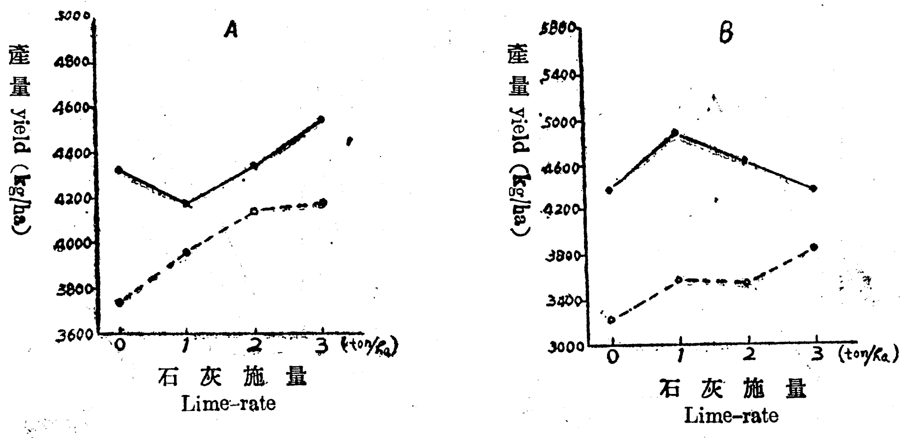




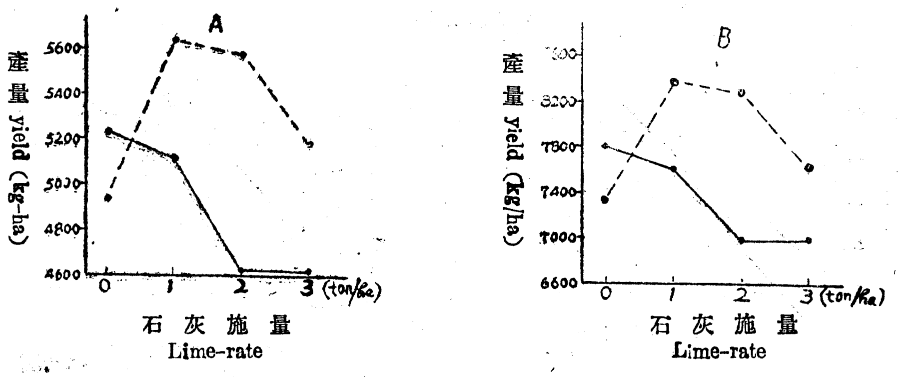
新竹(Shin-chu)



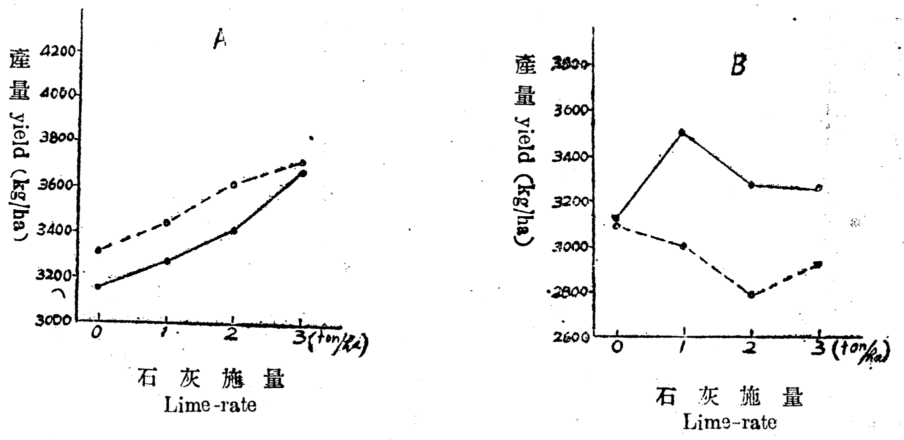
苗栗(Miao-li)



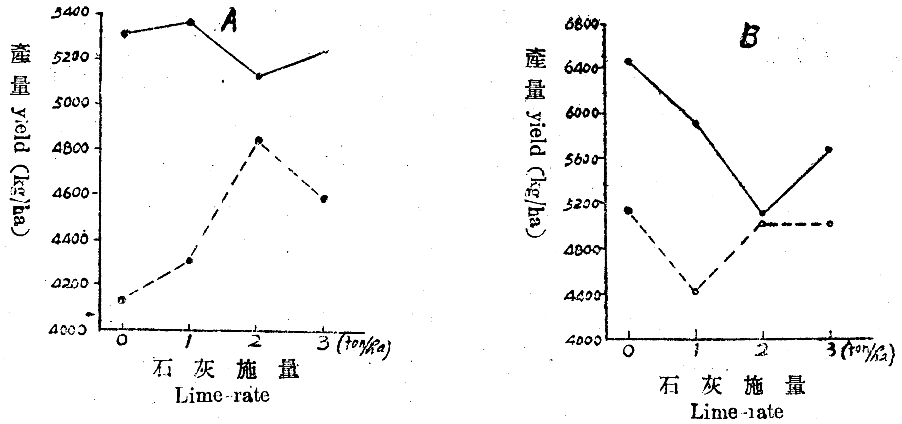
桃園農校 T.A.S.



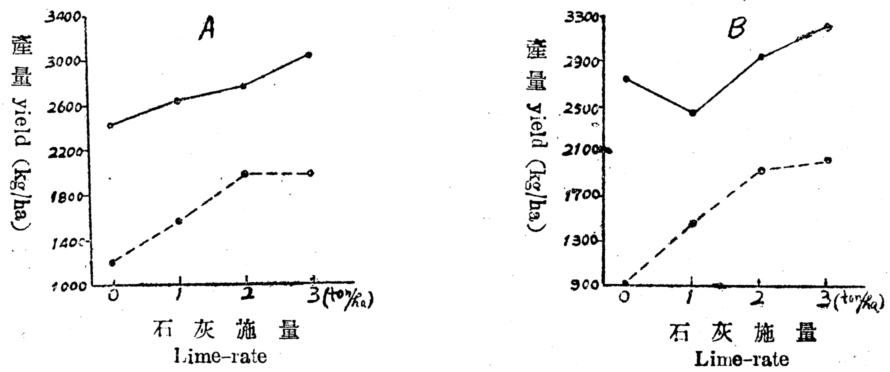
桃園(Tau-yung)



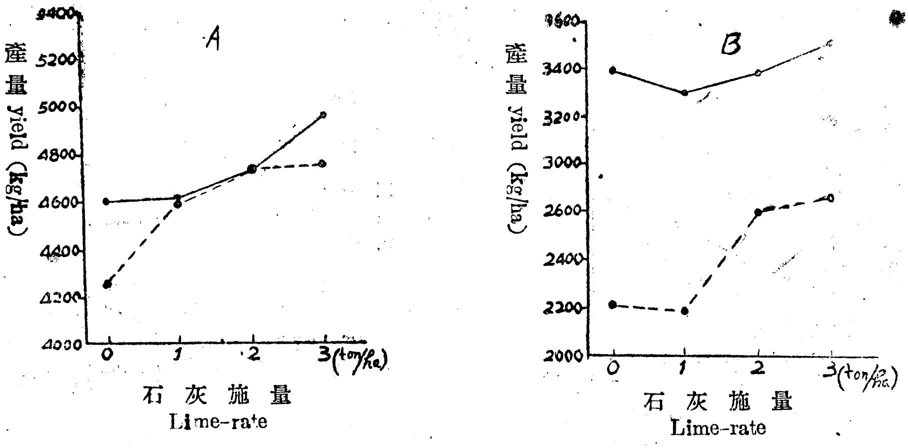
八德(Pa-teh)



中壢(Chun-li)



湖口(Hu-kou)



前述之表二，可提要列如表三丶圖II：一

表三　石灰對水稻產量增加之影響

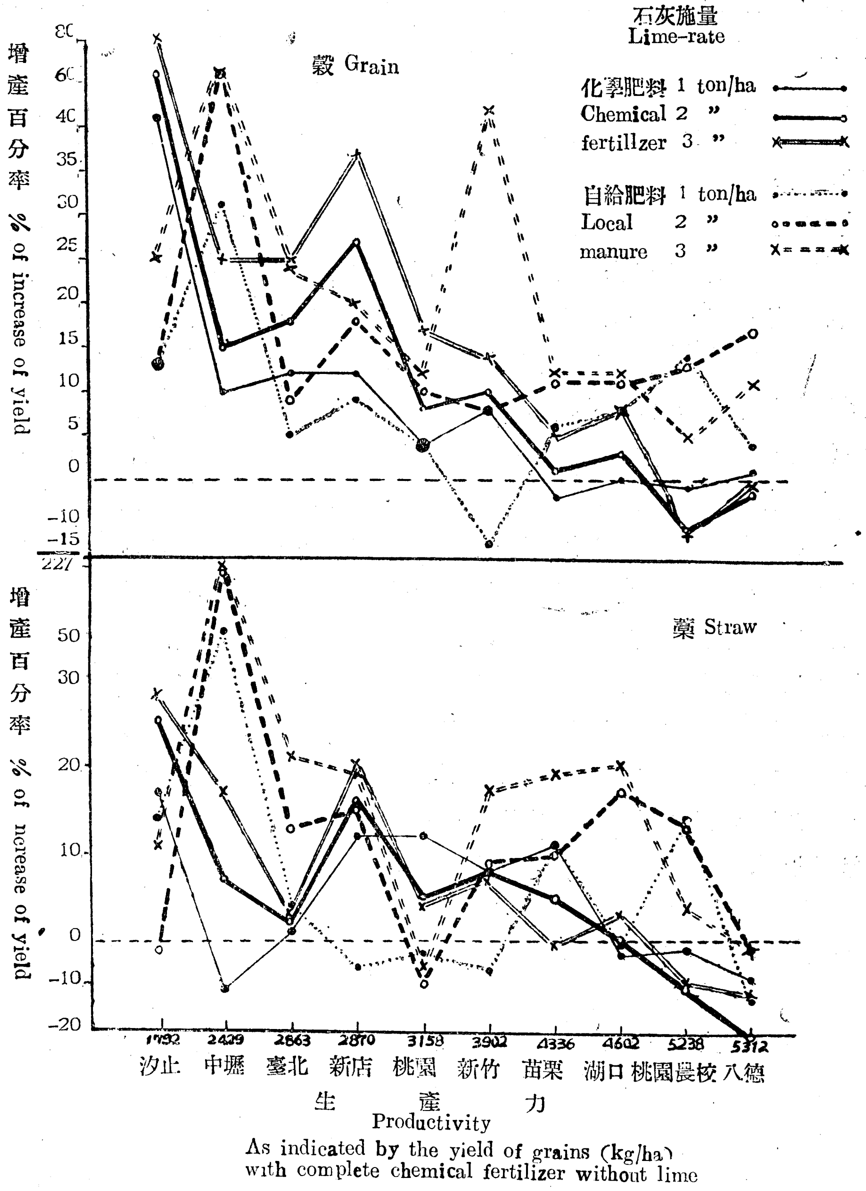
Table Ⅲ : The increase of the yield of rice as influenced by the rate of lime

肥料處理 Fertilizer treatment	石灰施量 Rate of lime (Ton ha)	穀或藁 Grain or straw	各地水稻之產量指數The yield index of 10 localities										平均 Average
			臺北 Taipeh	汐止 Hsichih	新店 Shindiann	新竹 Shinchu	苗栗 Miaoli	桃園農校 * T.A.S.	桃園 Tauyung	八德 Patch	中壢 Chunli	湖口 Hukou	
化學肥料 Chemical fertilizer	1	穀 Grain	112	144	112	108	96	98	104	101	110	100	109
	2		118	165	127	110	101	89	103	97	115	103	110
	3		125	181	137	114	105	88	117	99	125	108	123
	1	藁 Straw	101	117	112	108	111	98	112	91	89	97	104
	2		102	125	116	108	105	89	105	79	107	100	104
	3		103	128	120	107	99	90	104	83	117	103	106
自給肥料 Local manure	1	穀 Grain	105	113	109	85	106	114	104	104	131	108	108
	2		109	113	118	108	111	113	110	117	165	111	117
	3		124	125	120	148	112	105	112	111	164	112	121
	1	藁 Straw	104	114	94	93	111	114	97	86	162	99	107
	2		113	98	115	109	110	113	90	98	216	117	118
	3		121	111	119	117	119	104	94	98	227	120	123
pH			4.7	4.8	5.7	6.3	5.8	—	4.8	4.8	4.5	5.2	
生產力(以每公頃穀產量表示) Productivity as indicated by the yield of grains (Kg/ha) with complete chemical fertilizer without lime.			2863	1792	2870	3902	4336	5238	3158	5312	2429	4602	

* Tauyung Agricultural School.

圖Ⅱ 水稻對於石灰之效應與土壤一般生產力之關係

FigⅡ The response of the yield of rice to lime as influenced by the general productivity of the soil



於上述十個試驗中，在施用化學肥料的情況下，水稻穀與藁之產量隨石灰施用量之遞增而遞增。就穀而言，臺北爲12—25%，汐止爲44—81%，新店爲12—37%，新竹爲8—14%，桃園爲4—17%，中壢爲10—25%，湖口只有3—8%，苗栗只有1—5%，八德及桃園農校則無效應。就對藁之效應而言，各地結果頗爲參差，其中汐止、新店、中壢三地效果較著，餘則無明顯之效應。

在施用自給肥料之情況下，石灰對於水稻穀、藁之效應，各地皆甚顯明。穀之增產量：臺北爲5—24%，汐止爲13—25%，新店爲9—20%，新竹爲8—48%，苗栗爲6—12%，桃園農校爲5—14%，桃園爲4—12%，八德爲4—17%，中壢爲31—65%，湖口爲8—12%。藁之增產量自10—20%不等

，僅桃園、八德二地無效應。

由上述之試驗結果，可綜合爲下列諸事實：

1. 水稻田施用石灰，在大多數試驗地均能增加穀、藁之產量。石灰之施用量爲1噸/公頃時，大多可增加穀10%左右，施用量爲2噸/公頃時，可增產穀10—15%，施用量爲3噸/公頃時，可增加穀20%以上。

2. 在施用化學肥料之情形下，穀之增產量甚顯明，而藁則甚屬有限。但在施用自給肥料之情形下，穀與藁之增產，均屬明顯。

3. 石灰之效應，似與土壤之肥沃度有密切之關係。凡土壤肥沃者，石灰之效應均不顯明，例如桃園農校與八德二地之土壤極肥沃，穀之生產量在 5000公斤/公頃以上，石灰均不能增加產量。反之，凡土壤肥沃度低者，例如臺北、汐止、新店、中壢四地之穀生產量，均不及 3000公斤/公頃，故石灰之效應最顯明。其他各地則界於二者之間（圖II）。

4. 試驗地之土壤反應， pH自4.5—6.3，各地水稻對於石灰之效應，似與pH之高低無直接關係。例如臺北、汐止、桃園、八德各地，其土壤反應相似，而對石灰之效應則各不相同。

土壤之pH低者，固常屬瘦瘠，但石灰在 pH低之土壤上，並不常顯示其對水稻增產之效用。若土壤之一般三要素供給情形良好而pH甚低者，石灰仍無效應，八德之土壤，即爲其例。

5. 石灰之作用，除供給有效性鈣之外，似又能增加土壤中有效性氮、燐、鉀之供給，故其效果在瘠土較在沃土爲顯著；在施用自給肥料之情形下較在施用化學肥料之情形下爲顯著。

當土壤中存有充分之有效性三要素（肥沃的土壤或經施用化學肥料）時，氮似非水稻生長之限制因子，而燐則尚感不足（或由於土壤之固定作用），石灰之施用，可增加燐之有效量，故對於穀之效應較對藁之效應爲顯著。在土壤中有效性三要素量不足時（瘦瘠之土壤或施用少量之自給肥料），氮與燐似均爲水稻生長之限制因子，石灰之施用，不僅可增加燐之有效性，且可分解土壤有機質，以增加有效性氮素之供給，故不論對穀與藁均有顯明之效應。水稻之產量，不論對穀或藁而言，受氮之限制常遠較燐爲甚，故石灰對於水稻生長之良好作用，似以分解有機質，供給有效性氮素爲主。前述之五點現象，可以此解釋之。

V. 石灰對於土壤理化性之作用

A. 石灰施用與土壤反應(pH)：各試驗地之土壤質地與反應各不相同，故其石灰需要量亦異。大概言之，土壤之反應在5.0以上者，僅須施用石灰1—2噸/公頃，即能使土壤之pH提高到微酸性或中性；如土壤之pH在5.0以下者，則施用石灰2—3噸/公頃始能中和土壤至微酸性或中性。

在水稻之栽培試驗中，知水稻對土壤反應之適應範圍甚廣，水稻對石灰效應與土壤之 pH 並無直接的關係，石灰對於水稻之生長利益，皆由於其間接的作用，故根據在壤之 pH 以求栽培水稻之石灰需要量，殊非必要。但施用石灰於水稻，用量過多，或連年施用，可能發生石灰過用（Overliming）之害，在化學方面，可減低若干植物營養要素之有效性；在物理方面，劣化土壤之構造，甚至形成石灰硬盤（Hardpan），影響耕作及作物之生產。在此種觀點上立論，則石灰之適量仍爲一必需要考慮之問題。試驗地之土壤樣本，在施用石灰後十天及收穫之後，均經採集，測定其 pH ，其結果彙如第四表，又示如圖Ⅲ。

表四 石灰施用與土壤pH之關係

Table IV Lime in relation to the pH value of soils

試驗地點 Locality	採土時期 Sampling date	化學肥料 Chemical fertilizer				自給肥料 Local manure			
		0	1	2	3	0	1	2	3
臺北 Tai-peh	施用後 10 days after liming	4.7	6.1	6.5	6.4	5.9	5.2	6.6	7.0
	收穫後 After harvesting	4.7	5.0	5.5	5.8	4.6	5.2	6.2	6.5
汐止 Hsi-chih	施用後 10 days after liming	4.8	6.7	6.4	7.0	4.7	5.4	6.5	7.0
	收穫後 After harvesting	4.6	4.8	4.8	5.6	4.8	4.8	5.0	5.2
新店 Shin-diann	施用後 10 days after liming	5.8	6.6	7.2	7.2	5.6	6.7	6.9	7.1
	收穫後 After harvesting	5.2	5.4	5.6	6.4	5.0	5.4	5.6	6.0
新竹 Shin-chu	施用後 10 days after liming	6.4	7.0	7.3	7.4	6.2	7.1	7.3	7.3
	收穫後 After harvesting	5.8	5.8	6.4	6.6	5.8	6.3	6.6	6.7
苗栗 Miao-li	施用後 10 days after liming	5.8	6.4	6.9	7.4	—	—	—	—
	收穫後 After harvesting	4.8	5.2	5.8	6.8	5.7	6.0	6.0	6.6
桃園農校 T. A. S.	施用後 10 days after liming	—	—	—	—	—	—	—	—
	收穫後 After harvesting	—	—	—	—	—	—	—	—
桃園 Tau-yung	施用後 10 days after liming	4.8	5.6	6.4	6.5	4.8	6.0	6.5	6.6
	收穫後 After harvesting	4.7	4.7	5.0	5.4	4.4	4.6	5.0	5.4
八德 Pa-teh	施用後 10 days after liming	4.8	4.9	5.6	6.0	4.7	5.2	6.3	5.8
	收穫後 After harvesting	4.4	4.5	4.6	5.2	4.3	4.6	4.8	5.4
中壢 Chun-li	施用後 10 days after liming	4.4	5.3	5.6	6.3	4.5	4.9	5.4	6.2
	收穫後 After harvesting	4.5	4.6	5.1	5.4	4.9	5.0	5.0	5.4
湖口 Hu-kou	施用後 10 days after liming	5.0	5.8	6.6	6.8	5.4	6.0	6.4	7.0
	收穫後 After harvesting	4.5	5.0	—	5.2	4.6	5.0	5.6	6.4

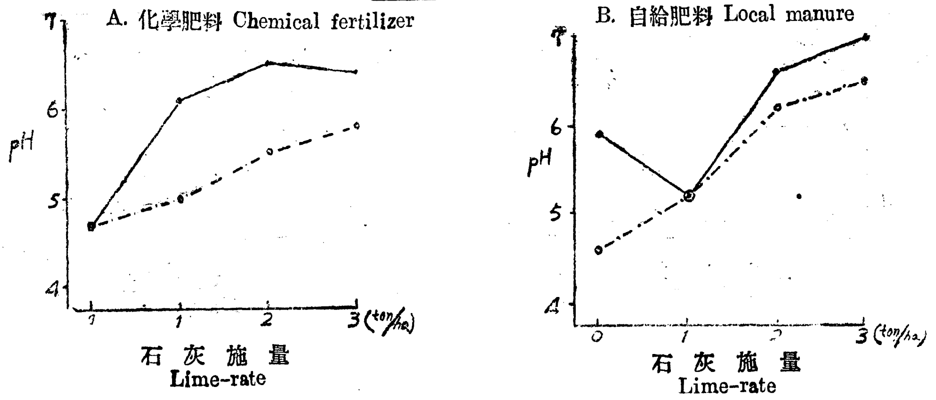
圖III 石灰施用與土壤pH之關係

Fig. III Rates of lime in relation to the pH value of soils,

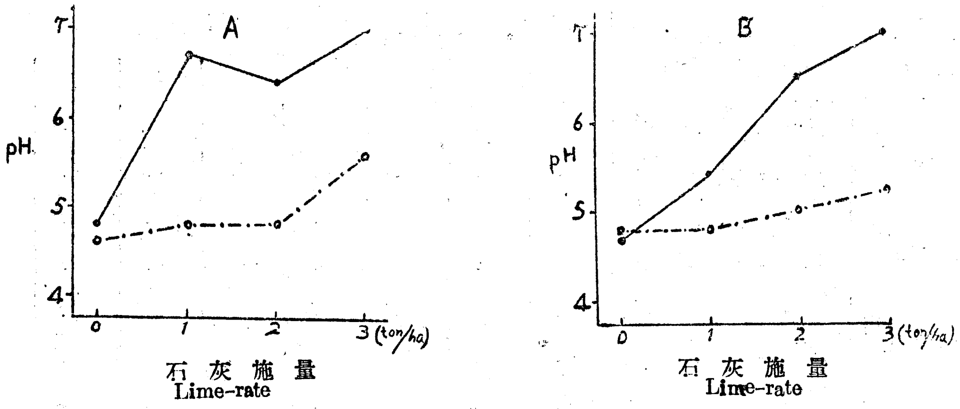
•———• 施用後 After application

○– – – –○ 收穫後 After harvesting

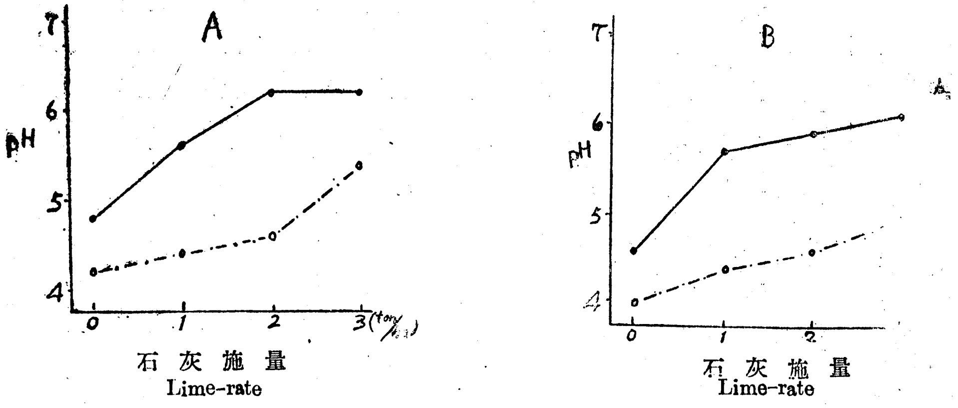
臺北(Tai-peh)



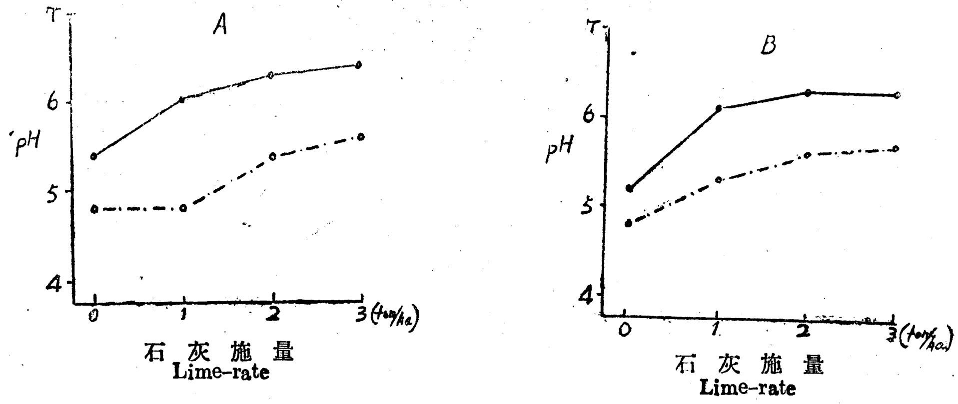
汐止(Hsi-chih)



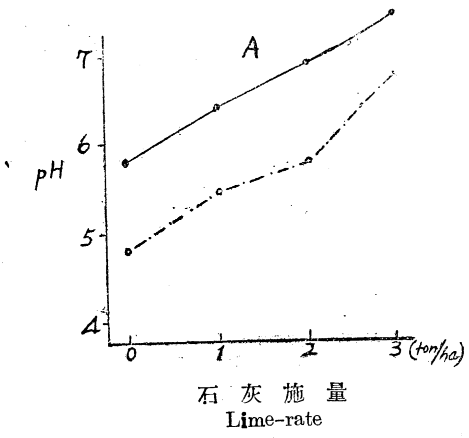
新店(Shin-diann)

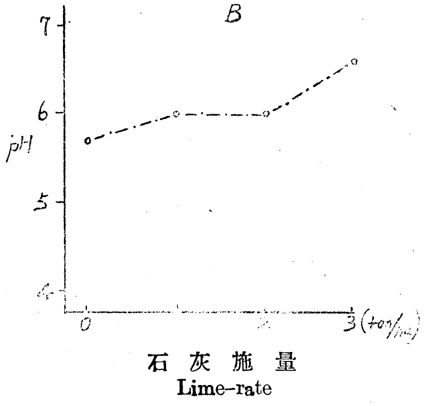


新竹(Shin-chu)

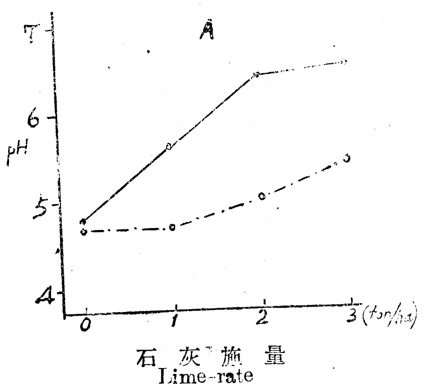


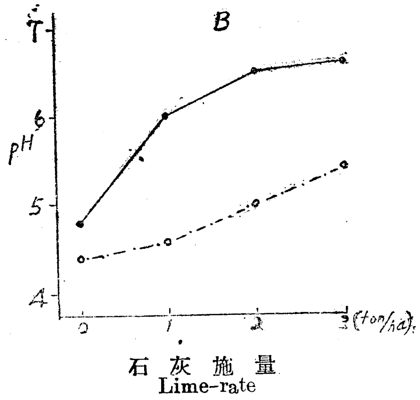
苗栗(Miao-li)



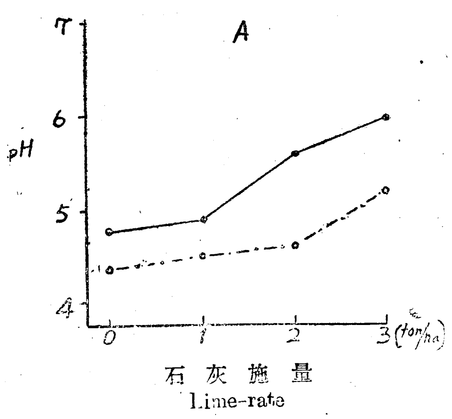


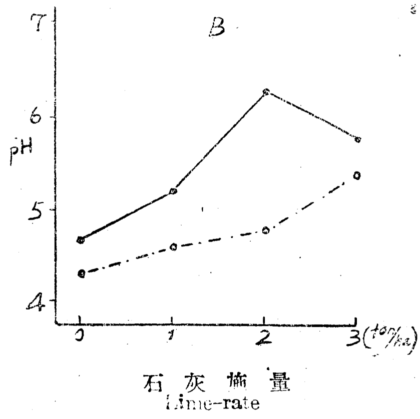
桃園(Tau-yung)



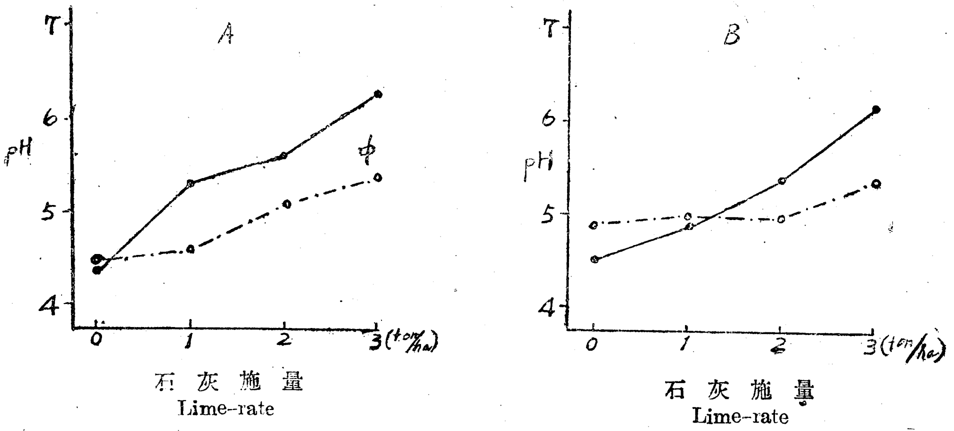


八德(Pa-teh)

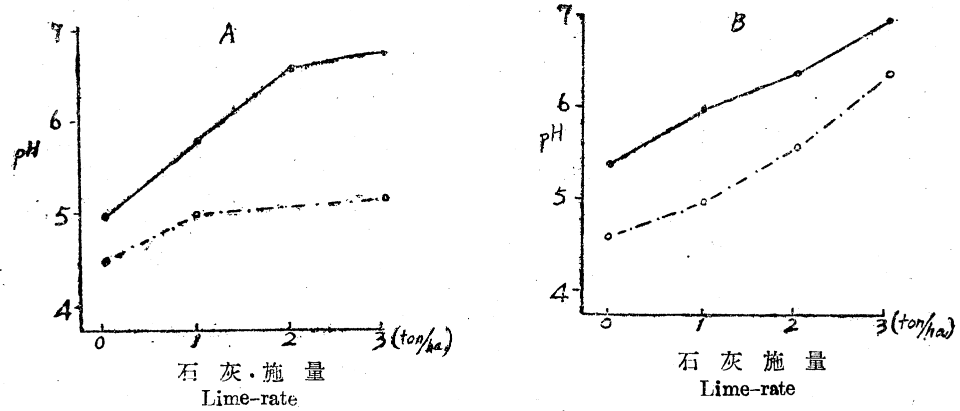




中壢(Chun-li)



湖口(Hu-kou)



如表四及圖Ⅲ所示，各地土壤雖因施用石灰而其pH昇高，但經過一造栽培之後，土壤之pH普遍降低甚巨，施用石灰1—2噸/公頃者，經一造栽培之後，其pH大多降至與未施石灰時相同，足見在水田狀況之下，石灰之流失極大。在施用化學肥料情形下，其流失更多。故石灰之施用量在一般的適用範圍內，如能加以調節，實不足以引起石灰過用之害。在臺灣省農業試驗所水稻同樣肥料連用試驗結果中，每年二造各施用石灰1.3噸/公頃，已經24年之久，其土壤pH仍在5.2(13)。

B. **石灰施用與土壤有機質含量**：試驗田土壤中之有機質含量，因施用化學肥料或自給肥料而有差異，在各個試驗中，施用自給肥料者，多增加土壤有機質含量（表五）。至於加用石灰對於土壤有機質之影響，就表中所列數字觀察之，雖樣本間之誤差相當大，但就收穫後土壤樣本之分析結果而言，土壤有機質隨石灰增施量稍有遞減趨勢；在自給肥料部分，此種趨勢尤較顯明。此點不但直接、間接證明石灰促進土壤有機質之分解，供給作物之養料，而且還反映出本試驗自給肥料加用石灰效果顯明之事實。

人常顧慮多年施用石灰，消耗土壤有機質，致引起土壤物理性之劣化。就本試驗之結果言之，在施用自給肥料之情形下，石灰施用區有機質含量與不施用石灰區者之相差在 0.1—0.6%之間，以每公頃表土 2,500噸計，此數相當於每公頃表土損失有機質2.5噸至15噸。臺灣農家每公頃每季施用堆肥之量常在10噸左右，可見在適當施用自給肥料之情形下，適量之石灰施用，不致引起土壤有機質之消耗，而反有助長有機肥料有效性之功能。

表五　石灰施用對於土壤有機質之影響

Table V　Rates of lime in relation to the organic matter of soils

試驗地點 Locality	採土時期 Sampling date	化學肥料 Chemical fertilizer				自給肥料 Local manure			
		0	1	2	3	0	1	2	3
臺北 Tai-peh	施用後 10 days after liming	2.8	2.6	2.6	2.4	3.3	3.1	3.7	3.1
	收穫後 After harvesting	2.4	2.1	2.1	2.2	3.0	2.8	2.8	2.6
汐止 Hsi-chih	施用後 10 days after liming	3.4	3.3	3.2	3.3	3.4	3.5	3.4	3.4
	收穫後 After harvesting	3.4	3.4	3.3	3.4	3.7	3.6	3.7	3.5
新店 Shin-diann	施用後 10 days after liming	2.2	2.3	2.2	2.1	2.4	2.5	2.4	2.4
	收穫後 After harvesting	2.4	2.2	2.3	2.3	2.8	2.5	2.5	2.5
新竹 Shin-chu	施用後 10 days after liming	3.0	3.0	2.9	2.6	3.1	2.9	3.0	2.6
	收穫後 After harvesting	3.0	2.9	2.7	2.6	3.2	3.1	3.1	3.0
苗栗 Miao-li	施用後 10 days after liming	—	—	—	—	—	—	—	—
	收穫後 After harvesting	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.2	2.1	2.5
桃園農校 T. A. S.	施用後 10 days after liming	—	—	—	—	—	—	—	—
	收穫後 After harvesting	—	—	—	—	—	—	—	—
桃園 Tau-yung	施用後 10 days after liming	2.6	2.5	2.5	2.6	2.9	2.9	2.9	2.8
	收穫後 After harvesting	2.9	2.5	2.5	2.6	3.2	3.1	3.0	2.6
八德 Pa-teh	施用後 10 days after liming	2.6	2.7	2.7	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6
	收穫後 After harvesting	2.4	2.5	2.5	2.5	2.8	2.6	2.6	2.5
中壢 Chun-li	施用後 10 days after liming	2.9	3.0	2.9	2.6	2.8	2.9	3.1	2.8
	收穫後 After harvesting	2.8	2.7	2.6	2.5	2.8	2.8	2.8	2.6
湖口 Hu-kou	施用後 10 days after liming	2.5	2.5	2.5	2.1	2.5	2.5	2.5	2.5
	收穫後 After harvesting	2.9	2.5	—	2.4	2·9	2.8	2.8	2.6

圖Ⅲ　石灰施用對於土壤有機質之影響

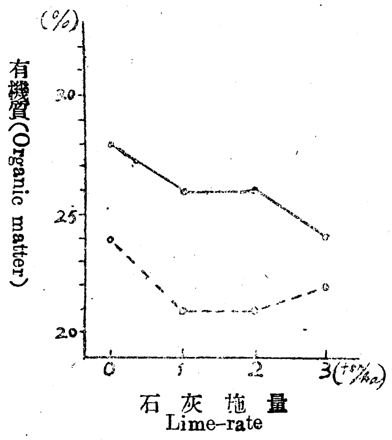
Fig. Ⅲ　Lime in relation to the organic matter of soils.

•———• 施用後 After application

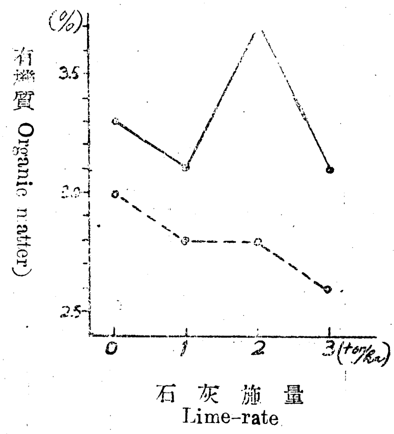
o－－－o 收穫後 After harvesting

臺北(Tai-peh)

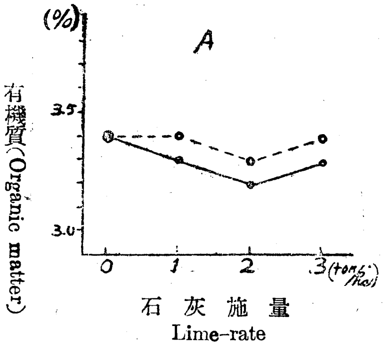
A. 化學肥料Chemical fertilizer

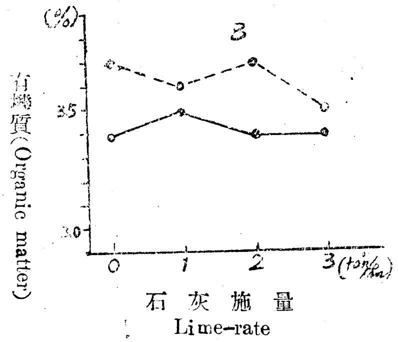


B. 自給肥料 Local manure

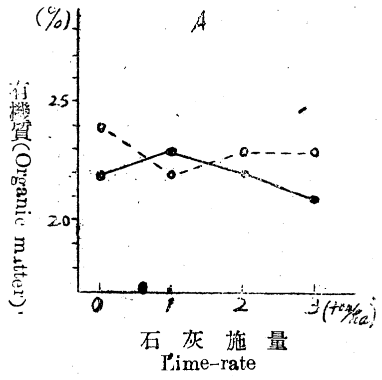


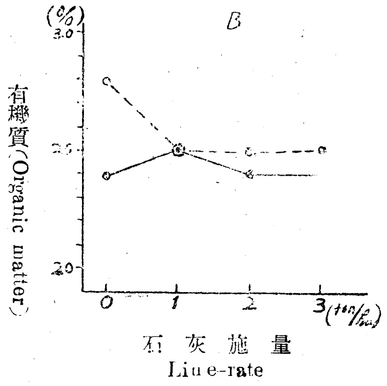
汐止(Hsi-chih)



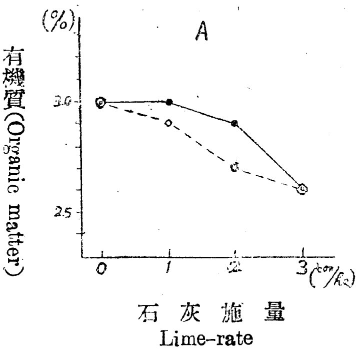


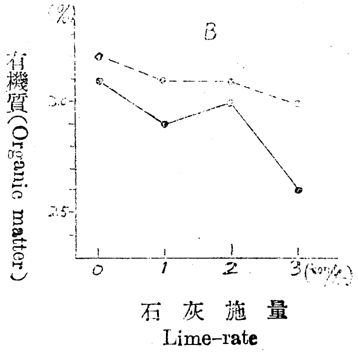
新店(Shin-diann)



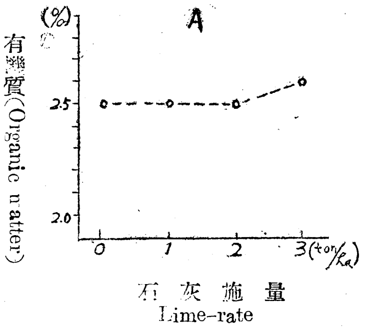


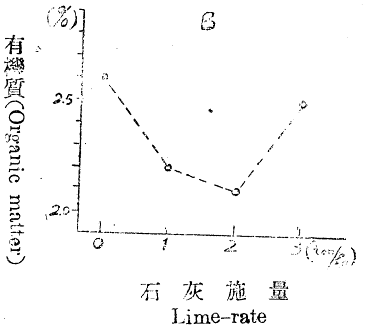
新竹(Shin-chu)



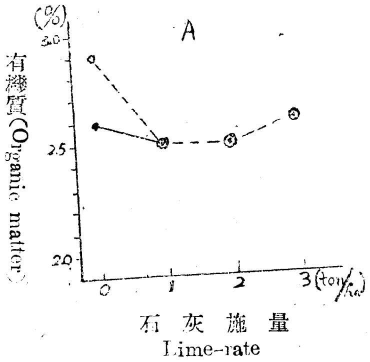


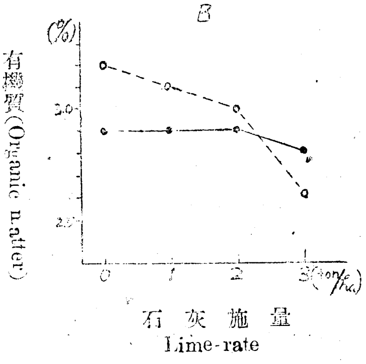
苗栗(Miao-li)



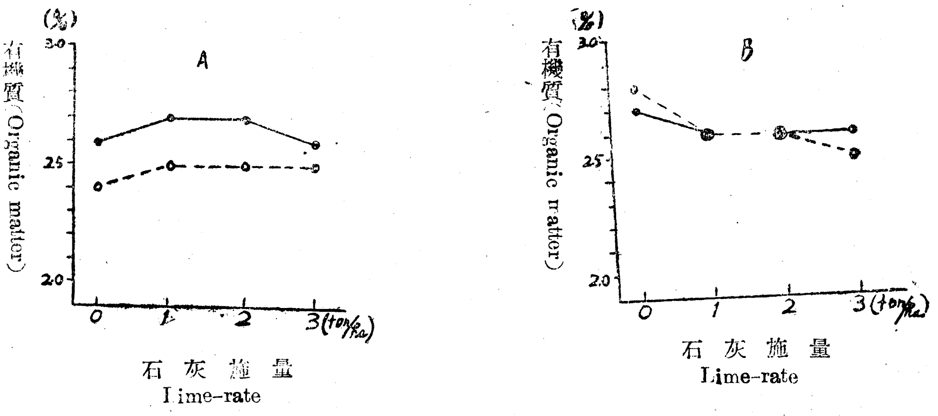


桃園(Tau-yung)

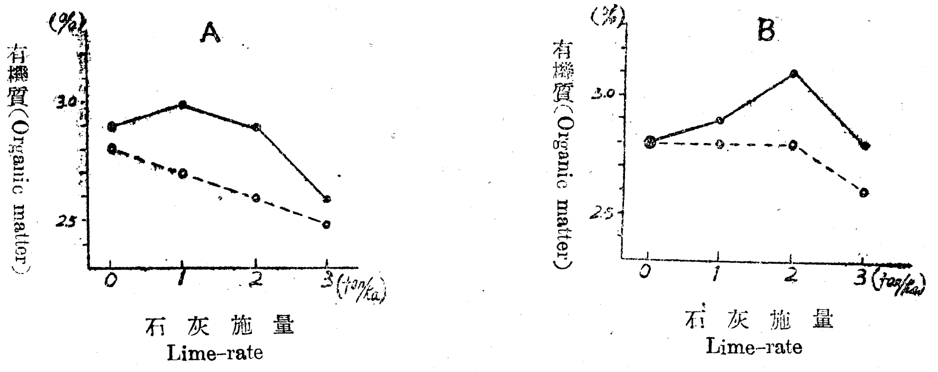




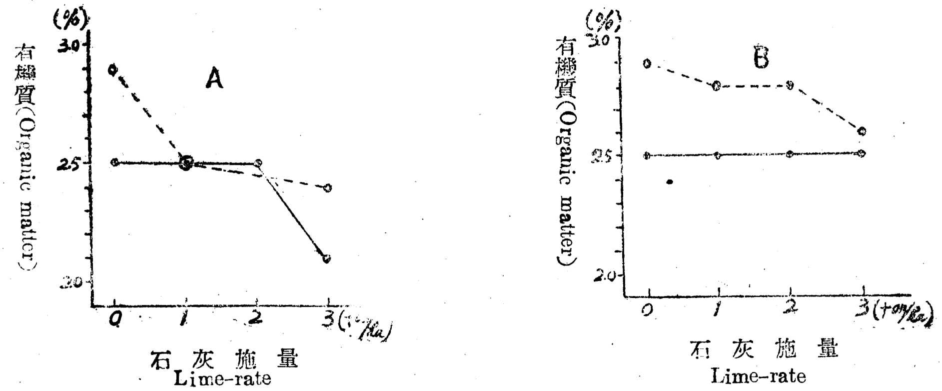
八德(Pa-teh)



中壢(Chun-li)



湖口(Hu-kou)



C. **石灰施用與土壤燐酸之有效性**：土壤有效性燐酸含量與 pH 有極密切之關係。在酸性之土壤中，燐酸多以無效態存在，土壤之反應在 pH6.0—6.5者，多能以有效態存在(1)。由本試驗各地點之pH 值言（表一），除新竹爲 6.3外，餘皆在6.0以下。據分折之結果，各地土壤之有效態磷含量皆隨石灰

施用量而有增加之趨勢（表六），即新竹亦非例外。

在石灰施用後十日時測定之結果，所有試驗地點，不論化學肥料或自給肥料部分，施用石灰均增有效態燐酸量；最高者有達3—4倍之程度。但經過一造水稻栽培後，有效性燐量又急切下落，此中之主要原因，實爲時間長久、石灰流失、土壤反應復趨酸性、土壤對燐酸之固定作用增加使然也。

化學肥料區之 P_2O_5 施用量爲80公斤/公頃，自給肥料區中由自給肥料所供給之 P_2O_5，祗有其半（自給肥料施量15,000公斤/公頃×自給肥料中之P_2O_5量0.25%＝$P_2O_5$37.5公斤/公頃），然據分析數據言之，自給肥料區土壤中之有效性燐量並不少於化學肥料區甚多，且常有超過之者，有機態之燐酸似較無機態之燐酸有效性更大，殊值注意。

表六　石灰施用對於土壤有效性燐酸之關係

Table VI Rates of lime in relation to the available P_2O_5 of soils

試驗地點 Locality	採土時期 Sampling date	化學肥料 Chemical fertilizer				自給肥料 Local manure			
		0	1	2	3	0	1	2	3
臺北 Tai-peh	施用後 10 days after liming	66.85	56.32	66.85	74.64	94.78	76.93	81.96	138.74
	收穫後 After harvesting	56.32	51.28	61.82	61.82	81.96	61.82	84.71	61.82
汐止 Hsi-chih	施用後 10 days after liming	20.51	30.82	35.94	71.89	41.07	35.94	12.32	123.17
	收穫後 After harvesting	12.82	10.26	10.26	7.19	7.19	15.39	10.26	10.26
新店 Shin-diann	施用後 10 days after liming	61.59	97.53	112.92	164.25	38.51	41.07	92.49	100.28
	收穫後 After harvesting	46.25	46.25	30.82	56.32	30.82	35.94	46.25	25.69
新竹 Shin-chu	施用後 10 days after liming	71.89	123.17	123.17	190.02	46.25	51.28	153.85	164.38
	收穫後 After harvesting	25.69	18.50	35.94	56.32	24.13	28.25	38.51	56.32
苗栗 Miao-li	施用後 10 days after liming	—	—	—	—	—	—	—	—
	收穫後 After harvesting	20.51	15.39	46.25	35.94	12.82	15.39	25.69	41.07
*桃園農校 T. A. S.	施用後 10 days after liming	—	—	—	—	—	—	—	—
	收穫後 After harvesting	—	—	—	—	—	—	—	—
桃園 Tau-yung	施用後 10 days after liming	12.82	25.69	28.25	71.89	30.82	38.51	66.85	30.82
	收穫後 After harvesting	15.39	15.39	15.39	15.39	10.26	10.26	20.51	15.39
八德 Pa-teh	施用後 10 days after liming	46.25	56.32	35.94	92.49	41.07	28.25	61.59	66.85
	收穫後 After harvesting	10.26	56.32	30.82	56.32	38.51	41.07	56.32	20.51
中壢 Chun-li	施用後 10 days after liming	10.26	11.31	29.76	35.94	41.07	38.51	35.94	30.82
	收穫後 After harvesting	5.13	10.26	10.26	10.26	2.56	5.13	10.26	5.13
湖口 Hu-kou	施用後 10 days after liming	25.69	35.94	46.25	100.28	35.94	66.85	51.28	164.38
	收穫後 After harvesting	23.08	20.51	—	25.69	25.69	25.69	46.25	76.93

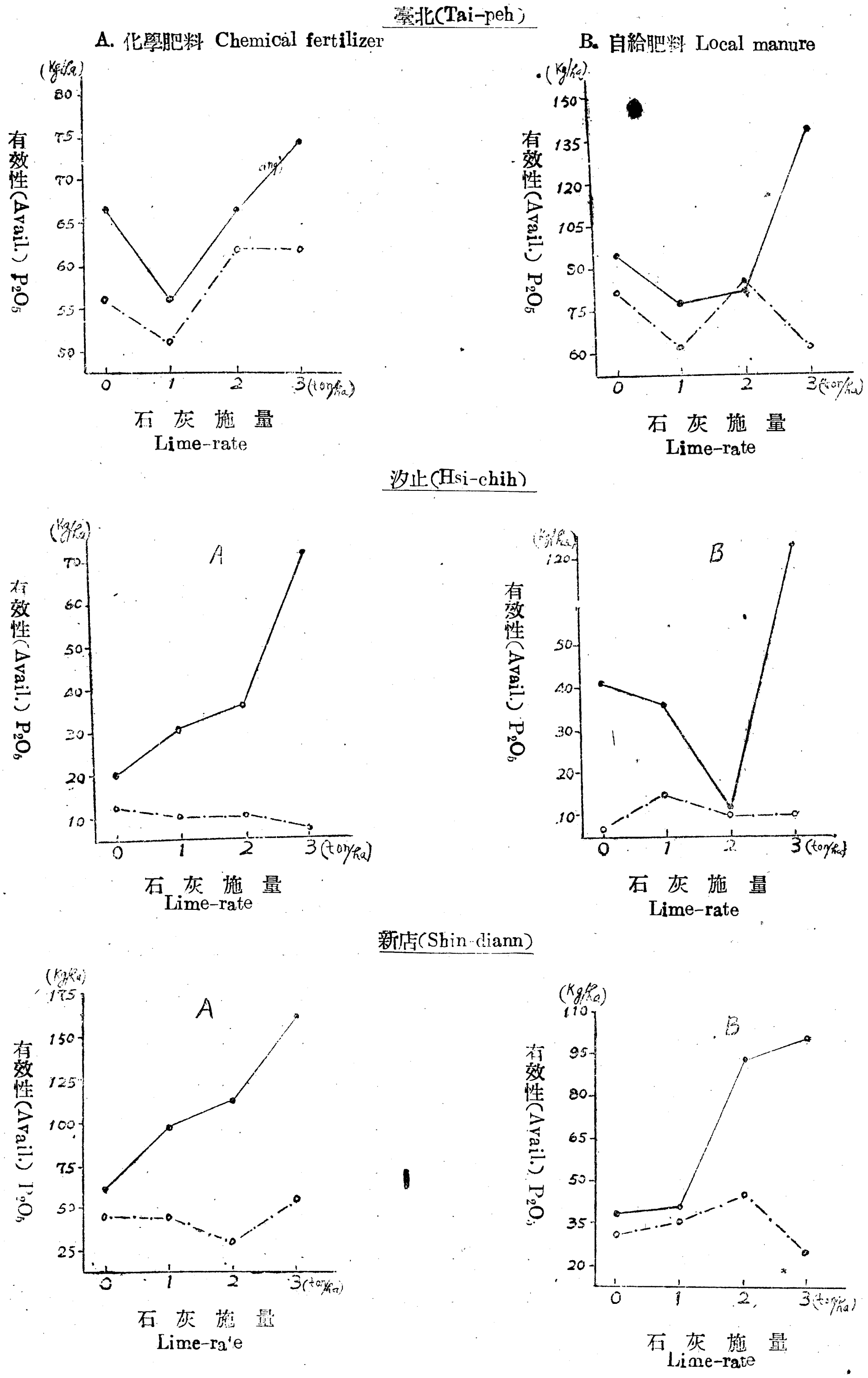
* Tau-yung Agricultural School

圖V 石灰施用對於土壤有效燐酸之關係

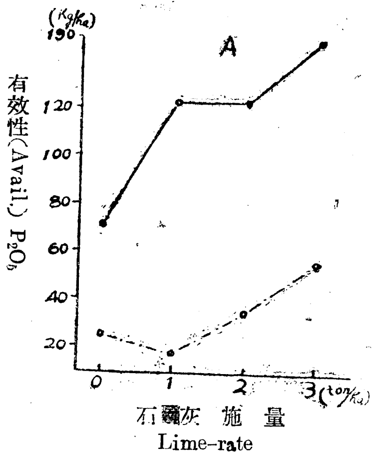
Fig. V Lime in relation to the available P_2O_5 of soils

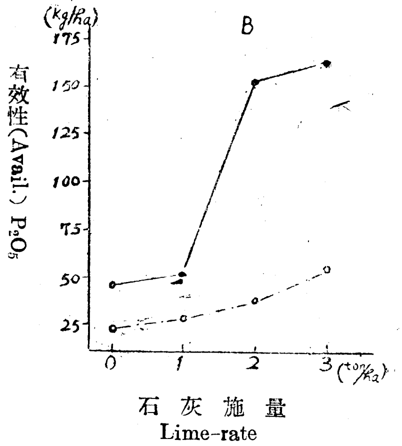
•———• 施用後 After application

o– – – –o 收穫後 After harvesting

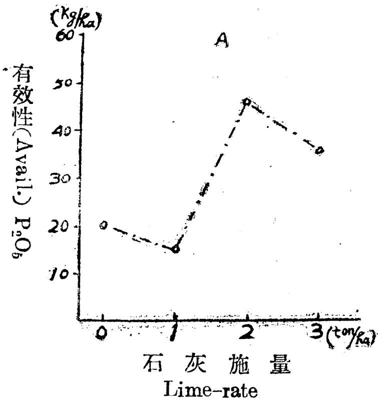


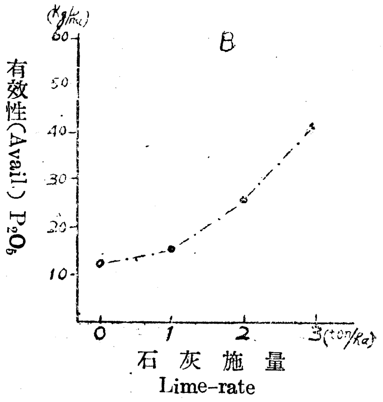
新竹(Shin-chu)



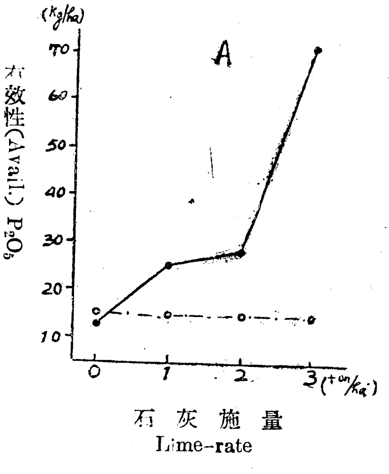


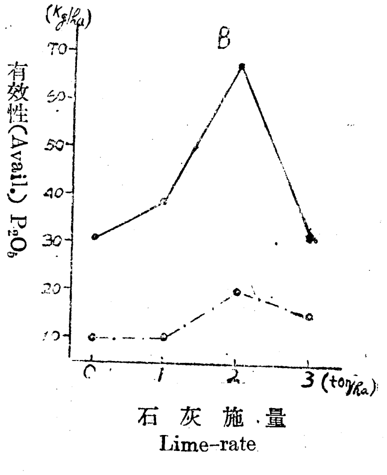
苗栗(Miao-li)



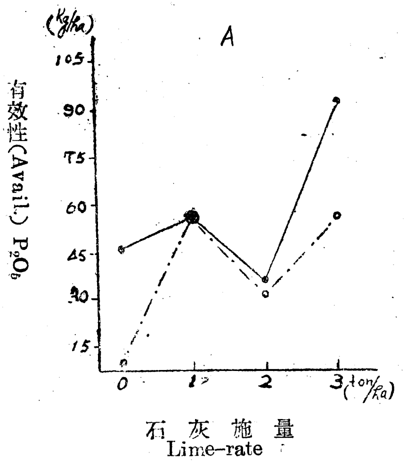


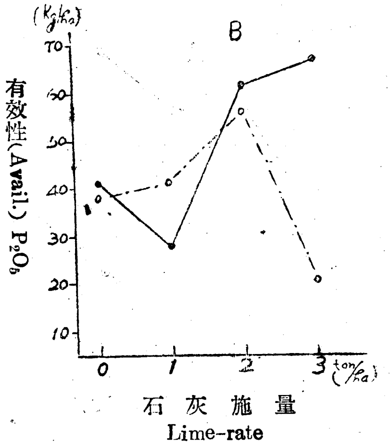
桃園(Tau-yung)



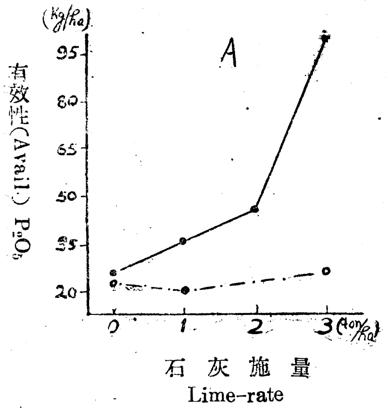


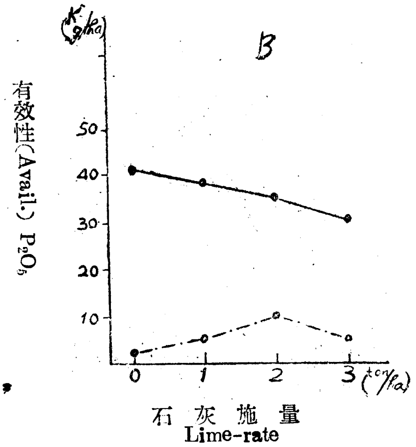
八德(Pa-teh)



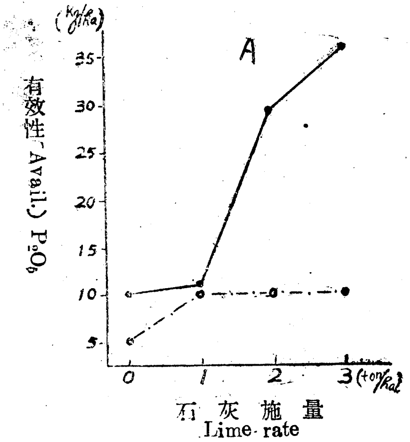


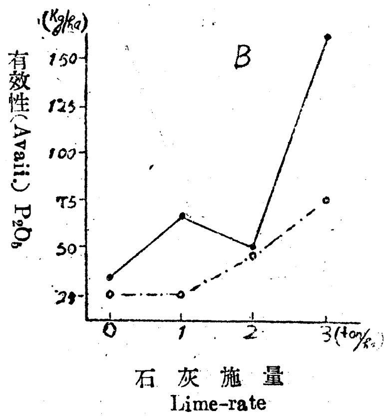
中壢(Chun-li)





湖口(Hu-kou)





D. **石灰施用與土壤鉀素之有效性**：石灰對於土壤中有效性鉀之作用，學者意見不一。有認爲石灰可以抑制土壤中鉀素之流失；亦有一部份學者認爲石灰可以增强鉀素之固定作用，減少其對作物之有效性。就本試驗中之結果言之，不同石灰用量，對於土壤中鉀素有效性之影響不明顯（表七）。

表七 石灰施用對於土壤有效鉀素含量之影響

Table VII Rates of lime in relation to the available amount of potash

試驗地點 Locality	採土時期 Sampling date	化學肥料 Chemical fertilizer 0	1	2	3	自給肥料 Local manure 0	1	2	3
臺北 Tai-peh	施用後 10 days after liming	84.06	84.06	56.04	84.06	84.06	84.06	56.04	84.06
	收穫後 After harvesting	28.02	56.04	56.04	56.04	28.02	84.06	28.02	28.02
汐止 Hsi-chih	施用後 10 days after liming	112.08	112.08	84.06	140.10	112.08	280.20	112.08	196.14
	收穫後 After harvesting	56.04	56.04	84.06	56.04	112.08	84.06	56.04	112.08
新店 Shin-diann	施用後 10 days after liming	56.04	56.04	84.06	84.06	84.06	84.06	56.04	84.06
	收穫後 After harvesting	112.08	112.08	56.04	56.04	112.08	168.12	84.06	84.06
新竹 Shin-chu	施用後 10 days after liming	56.04	112.08	112.08	84.06	112.08	84.06	84.06	84.06
	收穫後 After harvesting	140.10	84.06	56.04	112.08	140.10	140.10	84.06	140.10
苗栗 Miao-li	施用後 10 days after liming	—	—	—	—	—	—	—	—
	收穫後 After harvesting	28.02	56.04	56.04	56.04	56.04	56.04	56.04	84.06
桃園農校 T. A. S.	施用後 10 days after liming	—	—	—	—	—	—	—	—
	收穫後 After harvesting	—	—	—	—	—	—	—	—
桃園 Tau-yung	施用後 10 days after liming	56.04	84.06	56.04	28.02	84.06	56.04	56.04	56.04
	收穫後 After harvesting	56.04	56.04	84.06	112.08	84.06	56.04	84.06	112.08
八德 Pa-teh	施用後 10 days after liming	56.04	84.06	84.06	84.06	84.06	56.04	56.04	84.06
	收穫後 After harvesting	56.04	56.04	56.04	56.04	84.06	56.04	84.06	84.06
中壢 Chun-li	施用後 10 days after liming	84.06	84.06	84.06	56.04	112.08	112.08	84.06	84.06
	收穫後 After harvesting	56.04	56.04	56.04	84.06	5.604	56.04	56.04	56.04
湖口 Hu-kou	施用後 10 days after liming	112.08	56.04	56.04	56.04	140.10	112.08	84.06	112.08
	收穫後 After harvesting	84.06	112.08	—	84.06	168.12	112.08	112.08	112.08

VI. 結論

在臺灣十個酸性土壤區，施用 1—3噸/公頃之石灰，均能增加水稻之產量。施用量爲 1噸/公頃時，大多可增收穀10%左右；施用量爲2噸/公頃時，可增收穀10—15%；施用量爲 3噸/公頃時，可增加穀20%以上。

水稻生長之 pH適應範圍似甚廣，試驗地土壤之 pH雖自4.5至6.3不等，但石灰施用量對於水稻生產量之作用似與土壤之 pH 無關。反之，與土壤肥沃度則有密切之關係。施用石灰於肥沃之土壤上，

增產之效果每不顯明，而在瘦瘠之土壤上，其效果常甚明顯。pH低之土壤，雖常屬瘠瘦，但單就土壤之pH以推測水稻栽培之石灰需要量，恐不可靠。

施用石灰於土壤後，提高土壤之 pH 、促進有機質分解、釋放其有效性之氮素；此外，石灰能尅制酸性土壤對燐酸之固定力，增進其有效性。提高土壤中氮、燐二要素的有效性量，或爲石灰促進水稻生長之主要原因。

在土壤肥沃或充分施用有效性三要素條件之下，酸性土壤所尙缺乏者，厥爲燐酸，而石灰之主要功能在增加燐之有效性，故對穀之增產較爲明顯。在土壤瘦瘠或僅施用少量有效性較低之自給肥料時，土壤對於氮、燐同感缺乏，石灰之功用在免除此兩種限制，故對水稻穀、藁之生長均有顯明之良好作用。

石灰對於土壤鉀素似無影響。

石灰在水田狀況下之流失甚速，故施用量不太大時，無積聚土中引起過量施用石灰（Over-liming）之害。石灰雖能分解土壤有機質，但一造栽培中所損失者極有限，如能注意自給肥料之適當補給，土壤不致因施用石灰而減損有機質，使土壤之物理性劣化。

Ⅶ. 提　　要

本文爲報告臺北、汐止、新店、新竹、苗栗，桃園(1)桃園(2)八德、中壢、湖口十地施用石灰對於水稻產量之影響。此十地之中，前七地爲砂岩、頁岩質之冲積土，後三者爲紅壤，各地土壤之反應自强酸性至微酸性，其pH値自4.5至6.3。

每一地之試驗分爲二組，一組施化學肥料其施量 N, P_2O_5, K_2O 各爲80公斤/公頃，另一組施用自給肥料，各地略有出入，大率爲10,000—15,000公斤/公頃，石灰之施用量分爲四級，即每公頃施用0噸，1噸，2噸及3噸。

除田間栽培試驗外，試驗田土壤之理化性亦曾加以研究，今將研究結果提要如下：

1. 在施用化學肥料的情形下，因施用石灰而致之穀增產量在統計分析上達差異顯著的水準者，有四處，即臺北、汐止、桃園（黃依年農場）及新店；對藁之增產量在統計上達差異顯著者無。在施用自給肥料部份，因施用石灰而致之穀增產量，在統計上差異顯著者凡七處，即臺北、八德、汐止、桃園(1)桃園(2)中壢及新店；藁之增產達差異顯著水準者則有五處，即臺北、桃園、新店、新竹及湖口。

2. 在施用化學肥料時，穀之增產量當石灰施用量爲 1噸/公頃時，平均在 9%左右，2噸/公頃時爲10%，3噸/公頃時，爲 23 %；藁之增產量則各爲4%，4%，6%。在施用自給肥料時，穀之增產隨石灰施用量之增加各爲8%，17%，21%，藁則各爲7%，18%，及23%。

3. 土壤施用 1—3噸/公頃之石灰後，其pH提高到微酸性或中性，但經過一造栽培之後，施用之石灰大部流失，凡施用石灰1—2噸/公噸者，其土壤之 pH 降落到原來之 pH値。故連年適量施用石灰，似無引起過量石灰（overliming）之虞。

4. 加用石灰後，土壤有機質有被分解之趨勢，在施用自給肥料之情形下，更爲顯明，然其損失量，不過0.1—0.6%，而以0.2—0.3%爲多。

5. 加用石灰後土壤中有效性燐酸量增高，但經一造耕作後，隨土壤pH之降低，有效性燐酸量亦隨之減低。自給肥料中所含之燐酸似可避免土壤之固定作用，故其有效性似亦較化學肥料中者爲高。

6. 加用石灰後，土壤之有效性鉀素與未施石灰者並無差別。

7. 石灰對於水稻增產之效果，似與土壤之肥沃度有關，凡土壤肥沃或施用大量有效性化學肥料者，效果常小；反之，凡土壤瘠瘦或僅施用緩效性之自給肥料者，其效果甚著。

8. pH 低之土壤常屬瘠土，故石灰之效應甚著。但水稻對於土壤反應之適應範圍似甚廣，土壤之pH與水稻之石灰需要量無顯著關係。

9. 石灰對於水稻增產之原因，由於其(1)供給有效性鈣，(2)減少燐酸之被固定，(3)分解有機質，供給有效性氮。後二者較爲重要，而以(3)爲最主要之原因。

10. 作者等認爲在酸性而瘦瘠之土壤上栽培水稻，在施用化學肥料及有機肥料之外，如更施用適量之石灰，頗屬有利。

An Investigation on Lime Requirement for Rice on Acid Soils in Taiwan (No. 2)

S. C. Chang Y. S. Puh

Summary

This paper is to report the experimental results of the effect of lime on the yield of rice and properties of soils conducted at ten localities, namely, Taipeh, Hsichih, Shindiann, Shinchu, Miaoli, Tauyüng, Tauyung, Pateh, Chunli and Hukou. The soils of the former seven localities are alluvial soils of sandstone and shale materials and those of the later three ones are lateritic soils on the deluvial deposit. Their reactions are from very acid to slightly acid with pH values from 4.5 to 6.3. Each experiment consists of two series, one with chemical fertilizer at the rate of 80 kilograms of N,P_2O_5 and K_2O Per hectare, the another with local manure at the rate of 10,000 to 15,000 kilograms per hectare. Four lime levels were used in both series alike, namely, 0, 1, 2 and 3 tons per hectare. In addition to field experiments, soils were sampled from the experimental fields for chemical and physical studies. The results may be summarized as follows:

1. In the chemical fertilizer series, there are four localities, Taipeh, Hsichih, Tauyung* and Shindiann, where the response of rice grain to lime reaches the significant level of difference by analysis of variance, but for the response of straw there is none. In the local manure series, there are seven localities, Taipeh, Pateh, Hsichih, Tauyung, Tauyung*, Chunli and Shindiann, where the response of rice grain to lime reaches the significant level of difference and for the increase of straw there are only five localities, Taipeh, Tauyung, Shindiann, Shinchu and Hukou.

2. In the chemical fertilizer series, the average increase of rice grain are about 9% for 1 ton of lime per hectare, 10% for 2 tons of lime per hectare and 23% for 3

tons of lime per hectare, while the corresponding increase of straw are only 4%, 4% and 6% respectively. In the local manure series, the average increase of rice grain are 8%, 17% and 21%, and that of the straw are 7%, 18% and 23%. The response of rice to lime seems more apparently in local manure series than in the chemical fertilizer series.

3. The application of 1 to 3 tons of lime per hectare raises the pH values of all the soils to slightly acid and neutral, but the plots recieving 1 to 2 tons of lime restore to their original pH after one cropping season due to the intense leaching away of bases, mainly calcium, under the paddy field condition. It seems that there is no danger to cause overliming with moderate application of lime continuously or alternately as the case may be.

4. Lime tends to decompose the soil organic matter. The tendency is more apparent with the application of local manure, but even with local manure the loss of organic matter is very little, generally from 0.1% to 0.6%, and mostly from 0.2% to 0.3%. It suggested that under proper soil management with annual addition of organic manure, lime would not lower the organic matter level of the soil to such an extent as to detoriate the soil productivity as generally believed, because 10,000 kilograms of manure per hectare supply to the surface soil about 0.4% of organic matter.

5. Lime greatly increases the amount of available phosphorus of the soils. After one cropping season, however, the available phosphorus again decreases in accordance with the lowering of the pH values due to phosphorus fixation. The phosphorus in the organic manure seems less easily to be fixed and therefore more available than that in the chemical fertilizers.

6. The effect of lime on the available potash of the soils were not found in these experiments.

7. The response of rice to lime seems directly related with the general fertility of the soils. Cn very fertile soils or soils recieving sufficient available plant nutrients such as in form of chemical fertilizer, it does not response to the lime so much as on the infertile soils or soils recieving only some organic manure.

8. Soils of low pH values are generally poor soils. Therefore rice usually responds to lime on acid soils. But there is no relationship existing between the pH values of the soils and their lime requirements for growing rice, since the adaptability of rice to soil reactions is very wide.

9. The causes of increase of rice yield by lime may be attributed to(1)the suplpy of available calcium, (2)reduce of the available phosphorus fixation, and (3) the decomp-

osition of organic matter, hence the release of available nitrogen. The latter two may be the most important causes.

10. The authors suggested that in addition to the application of chemical fertilizers and manures, the practice of liming is advisable and should be included in the rice farming system, particularly on acid and poor soils.

參 考 文 献

1. Andrew, W. B. 1947 The Response of Crops and Soils to Fertilizers and Manures. Pubilsed by Author.
2. Baver, F. C. 1934 Response of Illinois Soils to Limestone. Univ.of Illinois Agr. Exp. Sta. Bull. 405.
3. Bouyocos, G. J. 1636 Direction for Making Mechanical Analysis of Soil by the Hydrometer Method. Soil Sci. vol. 42, No. 3.
4. Gustafson, A. F. 1943 Liming New York Soils. Cornell Extension Bull. 78.
5. Morgan, M. F. 1941 Chemical Soil Diagnosis by the Universal Soil Testing System. Conn. Agr. Exp. Sta. Bull. 450.
6. Peech, M. and English, L. 1944 Rapid Micro-chemical Soil Test. Soil Sci. 57:165-195
7. Salter, R. M. and Earens, E. E. 1935 The Efficiency of Soil and Fertilizer Phosphorus, as Affected by Soil Reaction. Ohio Agr. Exp. Sta. Bull. 553
8. Widle, S. A. 1942 Rapid Colorimetric Determination of Soil Organic Matter. Soil Sci. Vol. 7:393-394
9. 野村盛久、坂井信行 1930 水稻に對する石灰連用試驗成績（第一報） 日本土壤肥料學雜誌 第4卷 第2號 第1—3頁。
10. 川島 祿郎 1936 土壤の反應及び其の石灰含量と作物の生育に就て（第三報水稻） 日本土壤肥料學雜誌 第10卷 第1號 第53—62頁。
11. 小林茂久平 1940 無機肥料の連用に對する大豆餅、堆肥、綠肥及び石灰の併用が作用並に土壤に及ぼす影響に就いて 日本土壤肥料學雜誌 第14卷 第2號 第100—112頁。
12. 范 福 仁 1947 田間試驗之設計與分析 新農叢書
13. 張 守 敬等 1947 同樣肥料連用對於水稻產量及土壤理化性之影響 臺灣省農業試驗所彙報 第三號 第18—43頁。
14. 王世中、雷通明 1950 臺灣農田土壤之反應 臺灣糖業季刊 第2卷 第3、4期合刊 第71—84頁。
15. 雷 通 明 1950 臺灣蔗園土壤石灰問題 臺灣糖業季刊 第2卷 第3、4期合刊 第86—98頁。
16. 步淼昇、張守敬 1950 臺灣酸性土壤栽培水稻之石灰施用量試驗（第一報） 農業研究 第1卷 第2期 第14—25頁。